

논문 2019-1-15 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2019.06.15>

SOA기반 IoT환경에서 QoS 예측을 통한 신뢰할 수 있는 서비스 선택

김유경*

Trustworthy Service Selection using QoS Prediction in SOA-based IoT Environments

Yukyong Kim*

요 약

IoT(Internet of Things) 환경은 다양한 사용자 애플리케이션을 만드는데 사용할 수 있는 여러 가지 서비스에 대한 액세스를 제공하여 사용자의 요구 사항을 충족시킬 수 있어야 한다. 그러나 수많은 기기종의 장치 및 잠재적인 자원 제약과 같은 IoT 환경적 특징으로 QoS 문제가 발생하게 된다. 본 논문에서는 SOA기반 IoT 시스템에서 사용자간 신뢰관계를 반영한 QoS 예측 방법을 제안한다. QoS예측의 정확도를 높이기 위해, 사용자간 신뢰 관계를 분석하여 사용자들 사이의 유사성을 파악하고 이를 기반으로 QoS를 예측하도록 한다. 연결중심성을 계산하여 신뢰를 강화하도록 하였으며, 실험을 통해 QoS 예측의 향상이 이루어지는 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract

The Internet of Things (IoT) environment must be able to meet the needs of users by providing access to various services that can be used to develop diverse user applications. However, QoS issues arise due to the characteristics of the IoT environment, such as numerous heterogeneous devices and potential resource constraints. In this paper, we propose a QoS prediction method that reflects trust between users in SOA based IoT. In order to increase the accuracy of QoS prediction, we analyze the trust and distrust relations between users and identify similarities among users and predict QoS based on them. The centrality is calculated to enhance trust relationships. Experimental results show that QoS prediction can be improved.

한글키워드 : 서비스품질, SOA기반 IoT, 신뢰평가, 서비스 선택, QoS 예측

keywords : Quality of Service, SOA-based IoT, trust evaluation, service selection, QoS prediction

1. 서론

* 숙명여자대학교 기초공학부

(email: ykim.be@sookmyung.ac.kr)

접수일자: 2019.05.28. 심사완료: 2019.06.15.

게재확정: 2019.06.20.

IoT 기술의 발전으로 여러 통신 프로토콜을 통해 다양한 스마트 개체들을 서로 연결할 수 있게 되었다. IoT 환경에서 서비스지향아키텍처(SOA)는 장치의 서비스를 검색하고 액세스 및

재사용이 가능하게 하며, 이를 통해 IoT 애플리케이션은 서비스를 사용하게 된다[1].

IoT 서비스에 대한 핵심 요구사항은 기능적인 측면뿐만 아니라 비기능적 요구사항을 충족시킬 수 있는 올바른 서비스 집합을 선택하는 것이다. IoT 환경에서 잠재적인 자원 제약이나 수많은 기기종의 장치로 인해 QoS(Quality of Service) 문제가 발생하기 때문이다[2]. 전통적인 선택 방법은 QoS 값을 알고 있다고 가정하지만, 예기치 않은 통신 링크 장애나 서비스 공급자가 범위를 벗어나 이동하는 경우와 같이 이질적인 제공자 환경으로 인해 실제로 사용자 측 QoS는 크게 달라질 수 있다.

QoS를 예측하는 주요 방법은 협업 필터링(CF)을 통해 유사한 사용자의 QoS 정보를 사용하여 가능한 서비스의 QoS를 예측하는 것이다[3]. 다른 유사한 사용자의 QoS를 사용하면 설계 중이나 서비스 실행 중에도 선택할 수 있는 후보 서비스에 대한 추가 정보를 얻을 수 있다. 이러한 QoS 예측방법은 QoS 정보를 검색하기 위해 불필요한 서비스 호출로 인한 성능저하를 막을 수 있다는 추가적인 이점이 있다[4]. 최근에는 CF에서 사용자 간 유사도를 계산하면서 사용자 간 신뢰 관계 네트워크 분석 결과를 추가적으로 고려하여 예측 정확도를 향상 시키는 연구가 진행되고 있다[5]. 서비스를 제공하는 IoT 장치는 주로 사람이 조작하는 장치이므로, 정보를 찾고 제공할 때 인간의 사회적 행동을 모방하게 된다. 대부분의 IoT 아키텍처에서 볼 수 있듯이 장치 소유자가 장치가 제공하는 서비스와 사회적 상호 작용을 제어하게 될 것이다. 서비스 요청을 받은 IoT 장치는 소유자에게 해당 요청에 대한 특정 서비스나 정보 프로비저닝에 대한 권한을 요청하게 되고, 소유자는 서비스 제공 여부를 허용하도록 장치에게 권한을 부여하게 된다. 이 시나리오에서 서비스 요청에 대한 장치 소유자의

반응은 서비스 요청자와의 직·간접적인 관계에 크게 좌우된다고 볼 수 있다.

이러한 관점에서 본 논문에서는 IoT 환경에서 서비스 사용자와 서비스 제공자 간 신뢰·불신 관계를 고려하고자 한다. 사용자간 신뢰·불신 관계를 반영한 CF를 이용하여 QoS를 예측하고 최선의 서비스를 선택할 수 있는 방법을 제안한다. CF 알고리즘에 기반을 두고 설계된 본 연구의 서비스 선택 방법은 서비스 간 유사도를 산출할 때, 사회적 관계를 신뢰할 수 있는 관계와 신뢰할 수 없는 관계로 구분하여 정의하고, 신뢰를 많이 받는 서비스 제공자와의 유사도를 강화시키고, 신뢰할 수 없는 경우 유사도를 약화시키도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로서 사물기반 SOA의 특징과 소셜네트워크 분석을 통한 신뢰 관계의 개념에 대해 살펴본다. 3장에서는 제안된 서비스 선택 방법에 대해 설명하고 4장에서는 실증 분석을 위한 실험 환경과 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 연구 성과와 의의를 설명하고 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

2. 관련 연구

2.1 사물기반 SOA의 특징

IoT 기반 시스템을 위해 제안된 소프트웨어 아키텍처 패러다임 중에서, 서비스 지향성이 상호운용성 및 합성 가능성에 대한 본질적인 지원으로 인해 유망하다고 언급되고 있다[6]. 전통적인 SOA는 직접적으로 상호 작용하는 세 가지 주체인 서비스 제공자, 서비스 이용자 및 서비스 레지스트리로 구성되며, 서비스 검색, 구성 및 서비스 액세스의 세 가지 핵심 기능을 지원한다.

IoT 환경은 요청에 따라 서비스를 제공 할 수 있는 RFID 태그, 센서 및 스마트 오브젝트와 같은 수많은 이기종 장치로 구성되어 있으며, 다양한 서비스 간의 구성 및 협업을 기반으로 하는 복잡한 특징을 보이고 있으므로 전통적인 SOA와는 다른 접근 방식을 요구한다. IoT 환경에서 서비스 발견과 관련된 문제는 관심 있는 데이터를 생성하는 수백만 가지의 장치들을 다루어야 한다는 것이다. 전통적인 SOA에서는 수백만 개의 서비스가 등록되어 있어도 특정 요청을 수행하기 위해 최종적으로 하나가 선택되는 반면, IoT 환경에서의 서비스 발견은 잠재적으로 매우 많은 수의 항목에서 선택을 하게 된다.

전통적인 SOA 접근법을 적용하여 도달 할 수 있는 모든 적절한 디바이스를 발견 한다면, 많은 수의 액세스 가능한 객체가 반환되고, 그 중 다수가 중복 기능을 제공할 것이다. IoT 환경에서 서비스 소비자가 여러 관련 서비스 제공자와 개별적으로 상호작용해서 서비스에 접근하고자 한다면, 각각에 대해 가능한 포맷이나 타입, 단위 등을 다루는 방법을 알고 있어야 한다는 것을 의미한다. 이것은 소비자 대부분이 소유하고 있지 않을 높은 통신 능력 및 계산 능력을 필요로 한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 SOA와 대조되는 사물기반 SOA는 미들웨어를 통해 SOA의 핵심 기능인 검색, 구성 및 액세스를 지원하는 동시에 사물기반 질의를 지원함으로써 대부분의 상호작용과 대량의 계산들을 소비자에게 투명하게 제공하도록 한다. 그림 1은 [6]에서 정의한 사물기반 SOA의 구조이다.

2.2 IoT 환경에서 서비스 선택 방법

비 기능적 특성은 성능 측면에서 유사한 서비스를 구별하는 데 사용되는 기준으로 QoS 및 상

황(context) 정보로 정의된다. W3C 그룹에 따르면, QoS는 성능, 신뢰성, 확장성, 견고성, 가용성 등의 다양한 속성을 의미하며, 이러한 QoS 속성은 상황정보에 영향을 받게 된다[7].

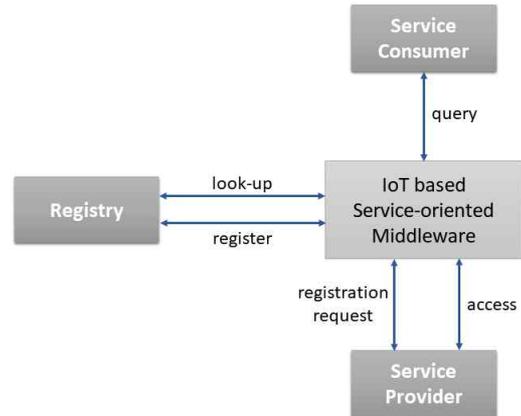


그림 1. 사물기반 SOA
Fig. 1. Thing-based SOA

IoT 환경에서 다양한 QoS를 갖는 대규모 서비스의 출현이 증가함에 따라, QoS에 기반을 두고 필요한 서비스를 선택하는 문제를 고려하게 된다. 그러나 QoS 값이 신뢰할 수 없거나 알려지지 않았기 때문에, QoS 값을 예측하는 방법을 주로 사용하게 된다. CF 접근법은 QoS 예측에서 널리 사용되고 있다[8]. CF 접근법은 유사한 사용자가 가지고 있는 QoS 정보를 기반으로 서비스의 QoS를 예측하는 방법이다. 모델 기반 CF는 선형대수, 뉴럴 네트워크(neural network) 클러스터링 등을 기반으로 사전에 모델을 수립하여 QoS를 예측한다[9]. 이웃기반 접근법은 경험적 가중치를 사용하여 다양한 시간 간격에 걸쳐 이루어진 과거 QoS 값에 대한 공동 영향을 평가한다[10]. 또 다른 연구로서 [11]에서는 IoT 환경을 위한 사전식 최적화 전략과 QoS 제약 완화 기술을 사용하여 사용자 만족에 필요한 QoS 수준을 제공하는 서비스를 미리 선택하는 두 단계를 제

안한다. 사전 선택 단계에서 얻은 후보 서비스는 QoS 속성과 사용자 선호도와 같은 상대 우위의 개념을 사용하여 비교한다. 유사한 접근 방법으로, [12]에서는 이질적인 IoT 서비스를 시공간적 특징으로 기술하는 물리적 서비스 모델을 제안하고, QoS 속성으로 시공간, 양성 및 음성 속성을 식별한다. 물리적 선호도에 기반을 두고 후보 서비스의 QoS 값을 모으고 평가하기 위한 물리적 서비스 선택 방법도 제안된다. [13]의 연구에서는 각각의 서비스에 대한 응답 시간, 처리량 및 평판의 세 가지 QoS 값을 예측한다. 상황 데이터가 고려되기 때문에 예측 값은 사용자에게 맞게 개인화되고, 지리적으로 거리가 같은 사용자의 상황에 초점을 맞추어 예측을 수행한다.

3. 신뢰를 반영한 QoS기반 서비스 선택

다음 그림 2는 QoS 예측과 서비스 발견에 초점을 둔 SOA기반 IoT 미들웨어 아키텍처이다.

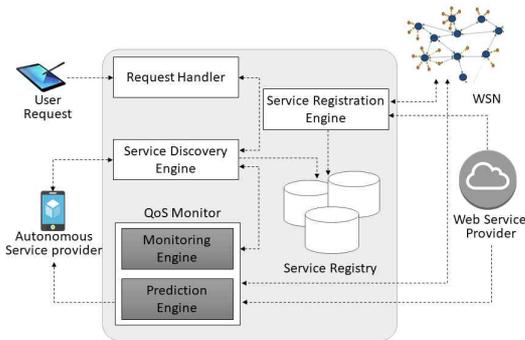


그림 2. SOA기반 IoT 미들웨어 구조
Fig. 2. SOA based IoT middleware architecture

제안된 아키텍처는 사용자와의 요청 및 응답 커뮤니케이션 채널을 설정하고 다른 컴포넌트들로 요청을 전달해주는 역할을 하는 RH(Request Handler), 사용자 환경에서 사용가능한 서비스들

을 등록해주는 역할을 하는 SRE(Service Registration Engine), 그리고 요청을 만족하기 위해 사용될 수 있는 서비스들을 식별하고, 가능한 후보 서비스를 예측할 수 있도록 QoS를 모니터링할 수 있는 SDE(Service Discovery Engine)을 포함한다.

서비스를 선택하기 위해 사용될 QoS를 예측하기 위해, 유사한 특성(응답시간, 위치 등)을 공유하는 사용자를 식별할 수 있는 CF를 사용한다. 사용자 A에 의해 관찰된 IoT 서비스의 QoS 값은 A와 유사한 사용자로부터 QoS 경험을 탐색함으로써 예측될 수 있다. 하나의 서비스는 서로 다른 사용자에 대해서는 같은 품질요인에 대해서조차 서로 다른 값을 가질 수 있게 된다. 따라서 유사한 특성을 공유하는 사용자는 A와 유사하다고 판단하며, 이러한 특성은 CF를 통해 서로 다른 서비스에 대한 QoS 경험에서 추출할 수 있다. 사용자들 간에 로컬 QoS 경험을 공유함으로써, 사용자가 과거에 서비스를 호출한 적이 없더라도 다양한 IoT 서비스의 QoS 값을 예측할 수 있다. 그림 3은 본 논문에서 제안한 신뢰 기반 QoS 예측 과정을 나타낸다.

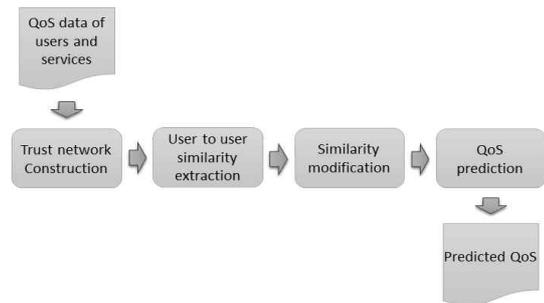


그림 3. 신뢰기반 QoS 예측절차
Fig. 3. Trust based QoS prediction process

1단계: 사용자들의 신뢰 관계 네트워크 구축
동일한 기능을 제공하는 서비스 제공자와 위치정보 중심으로 하는 해당 서비스 사용자를 중

심으로 소셜 네트워크를 구성하고, 신뢰 및 불신 관계를 분석한다. 신뢰기반의 추천 시스템은 신뢰 및 신뢰 전이가 사용자들에게 직간접적으로 영향을 주게 된다는 것을 활용하여 사용자에게 가치 있는 정보를 추천한다. 신뢰와 불신 관계는 직접적으로 상호 관계가 형성되는 경우와 신뢰의 전이를 통해 형성되는 경우가 있다.

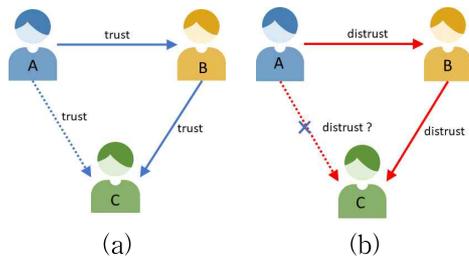


그림 4. 신뢰의 전이

Fig. 4. Trust transition in a social network

그림 4에서 (a)의 경우, 'A'가 'B'를 신뢰하고, 'B'가 'C'를 신뢰할 때 'A'와 'C'는 직접적인 사회적 관계가 없으나 'A'가 신뢰하는 'B'가 'C'를 신뢰하고 있기 때문에, 'A'는 'C'를 간접적으로 신뢰한다고 볼 수 있다. 그러나 불신 관계일 때는 다르게 해석이 될 수 있다. 그림 4의 (b)에서와 같이, 'A'가 'B'를 불신하고, 'B'가 'C'를 불신한다고 할 때, 'A'가 'C'를 불신한다고 해석할 수 없기 때문이다. 실제로 'A'가 'B'를 불신하는 경우, 'C'에 대한 'B'의 평가는 'A'에게 어떤 영향도 줄 수 없다. 이러한 맥락에서 'A'가 'B'를 신뢰하고, 'B'가 'C'를 불신하는 경우, 'A'는 직접적으로 'C'와 사회적 관계가 형성되어 있지 않을 때, 'B'의 평가는 'A'에게 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 'A'가 'C'를 간접적으로 불신한다고 해석할 수 있을 것이다. 이러한 관점을 적용하여, 신뢰 및 불신 관계 네트워크를 구성하여 중심성을 계산하고 유사도 산출에 반영한다.

2 단계: 사용자 간 유사도 산출

요구하는 QoS품질 속성과 유사한 서비스를 추출하기 위해 유사도를 산출한다. 그림 5는 사용자-서비스의 호출관계를 표현한 그래프이다. 표 1은 각 서비스의 QoS 요소에 대한 평균값을 행렬로 표현한 것이다.

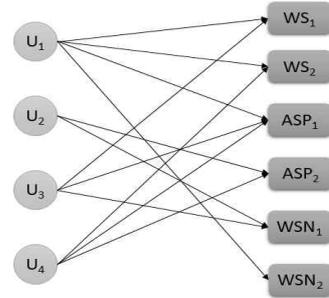


그림 5. 호출관계 그래프

Fig. 5. Invocation graph

사용자간 또는 서비스 간의 유사성은 피어슨 상관관계수 또는 코사인 유사도를 이용하여 주로 계산된다. 본 논문에서는 x 와 y 의 유사도를 계산하기 위해 피어슨 상관관계수 $S(x, y)$ 를 사용한다.

$$S(x, y) = \frac{\sum_{q \in Q_{x,y}} (E_{x,q} - \bar{E}_x) \times (E_{y,q} - \bar{E}_y)}{\sqrt{\sum_{q \in Q_{x,y}} (E_{x,q} - \bar{E}_x)^2} \times \sqrt{\sum_{q \in Q_{x,y}} (E_{y,q} - \bar{E}_y)^2}}$$

위의 $S(x, y)$ 식에서 $Q_{x,y}$ 는 변수 x, y 가 공통적으로 사용한 서비스 또는 x, y 를 공통으로 사용한 사용자 집합으로 정의한다. $E_{x,q}$ 는 사용자 x 의 QoS 속성 q 에 대한 평가 값이며, $E_{y,q}$ 는 사용자 y 의 QoS 속성 q 에 대한 평가 값이다. \bar{E}_x 는 사용자 x 가 평가한 모든 QoS 속성에 대한 평균값이고, \bar{E}_y 는 사용자 y 가 평가한 모든 QoS 속성에 대한 평균값이다.

3단계: 소셜네트워크 분석을 통한 유사도 조정
소셜네트워크 분석에서는 네트워크 구조를 파악하기 위해 밀도나 중심성과 같은 척도들이 사

용된다. 중심성(centrality)은 어떤 개체가 전체 네트워크에서 중심에 위치하는 정도를 표현하는 지표이다. 중심성에는 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성, 아이겐벡터(eigenvector) 중심성 등이 있다[14].

표 1. QoS요소 평균값 행렬
Table 1. QoS value matrix

	WS ₁	WS ₂	ASP ₁	ASP ₂	WSN ₁	WSN ₂
U ₁	0.34	0.34	0.23			0.24
U ₂				0.30	0.37	
U ₃	0.23		0.43		0.33	
U ₄		0.12	0.9	0.23		

연결 중심성은 가장 간단한 척도로서, (식 1)과 같이 한 노드에 연결된 모든 간선의 개수로 중심성을 평가한다.

$$C_d(v_i) = d_i \quad \dots\dots\dots (식 1)$$

(식 1)에서 d_i 는 노드 v_i 의 인접한 간선의 개수이다. 방향그래프일 경우, 진입 간선(incoming edge)과 진출간선(outgoing edge)의 개수가 다를 수 있으며, 진입차수(indegree)만 계산할 경우 그 노드의 인기정도를 알 수 있는 반면 진출차수(outdegree)만 계산 할 경우 그 노드의 영향력을 살펴볼 수 있다.

$$C_d(v_i) = d_i = d_i^{in} + d_i^{out} \quad \dots\dots\dots (식 2)$$

본 논문에서는 방향성을 고려한 연결 중심성의 정규화(normalization)를 통해 유사도를 조정하고자 한다. 연결중심성은 (식 3)과 같이 정규화할 수 있다. (식 3)에서 n 은 네트워크 내에 존재하는 노드의 수로 최대 연결 중심성 값이다.

$$C_d^{norm}(v_i) = \frac{d_i}{n-1} \quad \dots\dots\dots (식 3)$$

앞서 계산된 사용자 간 유사도와 신뢰 및 불신 관계 네트워크 분석 정보를 이용하여, 유사도를

조정한다. 이를 반영한 조정된 유사도 값 $sim(u_x, u_y)$ 은 다음 (식 4)와 같이 정의한다.

$$sim(x, y) = S(x, y) \times \rho_{x, y} \quad \dots\dots\dots (식 4)$$

(식 4)에서 $\rho_{x, y}$ 는 조정계수로서, x 와 y 사이의 신뢰 및 불신관계를 고려하여 유사도 값을 증가 또는 감소시키기 위한 것으로 네트워크의 연결 중심성을 고려하여 계산된다. 예를 들어, 사용자 A가 신뢰에 대한 연결 중심성이 높다면, 다른 사용자들로부터 높은 신뢰를 받고 있다고 볼 수 있으며 따라서 다른 사용자들이 A의 평가 의견을 적극적으로 수용하게 될 것이라고 볼 수 있다. 반면 사용자 B의 불신에 대한 연결 중심성이 높다면, 다른 사용자들이 사용자 B를 매우 불신하고 있다고 볼 수 있다. 이런 경우 다른 사용자들이 사용자 B의 평가 의견에 대해 매우 부정적으로 반응할 확률이 높기 때문에 사용자 B의 평가 의견 비중을 낮추도록 반영해야 할 것이다. 이러한 신뢰 및 불신관계를 고려하여 조정계수의 계산은 다음과 같이 정의한다.

$$\rho_{x, y} = \frac{(1 + C_t^{norm}(y))^{\delta_t}}{(1 + C_{dt}^{norm}(y))^{\delta_u}} \quad \dots\dots\dots (식 5)$$

(식 5)에서 δ 는 조정승수로서 연결 중심성에 대한 비중을 조절하기 위한 값이고, $C_t^{norm}(y)$ 와 $C_{dt}^{norm}(y)$ 는 사용자 u_y 에 대한 신뢰 및 불신 연결 중심성 값이다.

4단계: QoS 예측 및 서비스 선택

(식 4)를 통해 사용자간 유사성을 구한 후 높은 유사성을 가진 사용자를 추출하여, QoS에 대한 예측은 다음 식을 이용하여 계산된다.

$$QS_{x, q} = \overline{QS_x} + \sum_{y \in S(u)} (QS_{y, q} - \overline{QS_y}) \times \frac{sim(x, y)}{\sum_{y \in S(u)} sim(x, y)} \quad \dots\dots\dots (식 6)$$

(식 6)에서 $\overline{QS_x}$ 와 $\overline{QS_y}$ 는 각각 사용자 x 와 y 가 사용한 서비스들의 QoS 평균을 의미한다.

$QS_{y,q}$ 는 사용자 y 의 QoS 요소 q 에 대한 평가점수이고, $sim(x,y)$ 는 (식 4)에 의해 계산된 x 와 y 사이의 조정된 유사도 값이고, $S(u)$ 는 유사한 사용자 집단이다. 이 방법은 사용자간 유사성을 이용하여 서비스의 QoS 예측 시에 사용자와 서비스의 특성을 반영할 수 있다.

4. 실험 및 평가

본 논문에서 제안한 QoS 예측 모델의 유효성을 판단하기 위해, 실제 데이터를 바탕으로 구성된 소셜네트워크 상에서 총 500개의 상이한 IoT 장치들을 생성하고, 각 장치들에게는 서로 다른 처리량과 응답시간을 갖도록 설정된 서비스를 S_1 에서 S_{50} 로 정의하여 최소 1개 최대10개로 랜덤하게 할당하였다. 실험에 사용된 소셜네트워크는 [15]에서 제공하는 email-EuCore로서 <Table 1>과 같이 총 309명을 대상으로 구성되어 있다. 이 중 약 85%는 신뢰관계로 약 15%는 불신관계로 맺어져 있다. 생성된 IoT 장치들은 309명의 사용자에게 최대 7개로 제한하여 랜덤하게 할당하였다.

표 2. 실험데이터
Table 2. Dataset statistics

Nodes	309
Temporal Edges	61,046
Edges in static graph	3,031
Time span	803 days

신뢰관계를 반영한 QoS 예측 방법을 적용하여 예상되는 서비스 선택을 하고, 예상된 서비스 선택과 실제 서비스 선택을 비교하여 적중률을 살펴본다. 서비스 선택을 위한 품질 속성은 [14]에

서 제시한 단위시간당 처리량과 응답시간을 사용한다. 비교 모델은 다음과 같다.

(1) QAS(QoS Average based selection): 기존의 수집된 사용자와 서비스간 QoS 값의 평균값을 이용하여 서비스의 QoS를 예측하여 선택하는 방법

(2) SBS(Similarity based selection): 사용자간의 유사성을 분석하여 QoS를 예측하고 유사한 QoS 분포를 이용해서 서비스를 선택하는 방법

(3) TBS(Trust based selection): 제안된 방법으로 사용자간 유사성 및 신뢰 및 불신관계를 반영하여 QoS를 예측하여 선택하는 방법

조정승수는 0.5를 사용하여 계산하였다. 그림 6은 2,000번의 트랜잭션을 통한 서비스 예측에 대한 적중률 실험 결과이다. 사용자 간 유사성 분석과 QoS 평균값을 이용한 경우 각각 평균적으로 68.6%, 71.8%의 적중률을 보였다. 본 논문에서 제안한 신뢰관계를 반영한 QoS 예측의 경우, 평균적으로 77.4%의 적중률을 보였다. 이를 통해 서비스 선택의 경우 서비스의 환경보다는 사용자간의 신뢰 관계에 따른 주관적 성향이 좀 더 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.

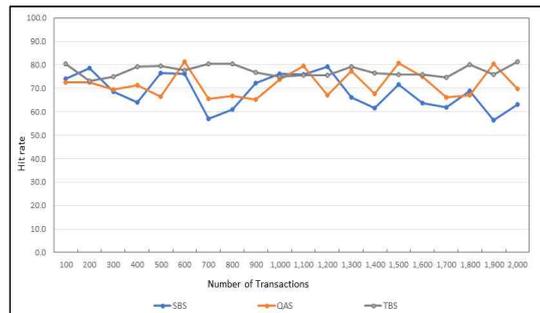


그림 6. 적중률 비교

Fig. 6. Hit rate comparison for 2,000 trials

위 실험에서 조정승수는 $\delta_t = \delta_{dt} = 0.5$ 를 사용하였다. 신뢰 관계의 조정승수를 같은 비중으로 사용했을 경우 평균 적중률 77.4%인 반면, 신

위를 나타내는 조정승수 $\delta_t = 1$ 로 불신 조정승수 $\delta_{dt} = 0.5$ 를 사용한 경우 평균 적중률 78.7%였으며, 반대로 $\delta_t = 0.5$, $\delta_{dt} = 1$ 을 사용한 경우 평균 적중률 80.6%였다. 예측된 QoS 값의 분포가 유의미하게 달라지지는 않았으나, 사용자간의 신뢰관계에서 신뢰보다는 불신 관계에 좀 더 영향을 받게 된다고 볼 수 있을 것이다. 그림 7은 조정승수에 따른 값의 변화를 보여주고 있다.

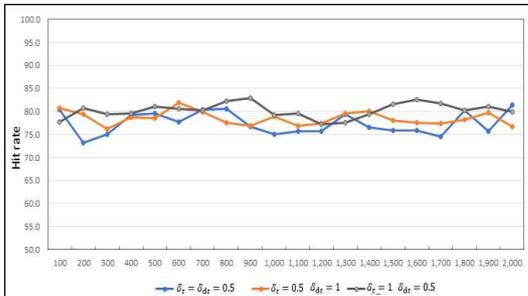


그림 7. 조정승수 변화에 따른 결과
Fig. 7. Results according to different adjustment factor

5. 결론

IoT 서비스에 대한 핵심 요구사항은 기능적인 측면뿐만 아니라 비기능적 요구사항을 충족시킬 수 있는 올바른 서비스 집합을 선택하는 것이다. 이와 함께 IoT 장치는 주로 사람이 조작하는 장치이며, 소유자가 가지고 있는 사회적 관계에 영향을 받게 되므로 장치 소유자 간의 사회적 관계가 반영되어야 한다는 것이다. 본 논문에서는 사용자간의 신뢰 및 불신 관계를 반영하여 QoS 예측을 통해 서비스를 선택할 수 있는 방법을 제안하고 있다. 기존에 연구된 방법으로 서비스 선택 시 68.6%와 71.8%의 적중률을 보인 반면, 본 연구에서 제시된 신뢰기반 선택 방법은 77.4%의 적중률을 보이고 있다. 제시된 서비스 선택 방법을 통해 SOA 기반의 IoT 환경에서 사용자가 기

능적 요구사항 뿐만 아니라 품질 요구사항에서도 보다 만족할 만한 선택 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다. 또한 최적화된 QoS 기반의 서비스 조합(composition)도 가능할 것으로 기대한다.

향후 조정승수의 값을 조절하여 최적의 값을 찾아내는 것이 필요하며, 이를 위한 좀 더 정확하고 분석적인 실험이 요구된다. 이와 함께 IoT 환경에서 매우 많은 수의 가용 서비스들이 존재하기 때문에, IoT 서비스를 동적으로 구성할 때 QoS 예측 메커니즘에 의해 야기되는 오버 헤드에 대한 평가가 필요하다. 또한 데이터 전처리 및 사용자와 다른 유형의 서비스 제공자 간의 유사성 비교를 위한 여러 가지 방법에 대해 분석하고 적용하기 위한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Vaskar Raychoudhury, Jiannong Cao, and Daqiang Zhang, "Middleware for pervasive computing: A survey", *Pervasive and Mobile Computing*, Vol. 9, No. 2, pp.177-200, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2012.08.006>
- [2] Gary White, Vivek Nallur, and Siobhán Clarke, "Quality of service approaches in IoT: A systematic mapping", *Journal of Systems and Software*, Vol. 132, pp.186-203, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.05.125>
- [3] Wei Lo, Jianwei Yin, Shuiguang Deng, Ying Li, and Zhaohui Wu, "An extended matrix factorization approach for qos prediction in service selection," *Proceedings of IEEE International Conference on Services Computing*, pp.162-169, Jun. 24, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/SCC.2012.36>
- [4] Yilei Zhang, Zibin Zheng, and Michael R. Lyu, "Exploring latent features for memory-based qos prediction in cloud computing", *Proceedings of International Symposium on Reliable Distributed Systems*, pp.1-10, Oct. 4-7, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1109/>

- SRDS.2011.10
- [5] Seulbi Choi, Kee-Young Kwahk, and Hyunchul Ahn, "Enhancing Predictive Accuracy of Collaborative Filtering Algorithms using the Network Analysis of Trust Relationship among Users", *Journal of Intelligence and Information Systems*, Vol. 22, No. 3, pp.113-127, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13088/jiis.2016.22.3.113>
- [6] Valérie Issarny, Georgios Bouloukakis, and Benjamin Billet, "Revisiting Service-Oriented Architecture for the IoT : A Middleware Perspective", *LNCS*, Vol. 9936, pp.3-17, 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46295-0_1
- [7] Alfonso G. de Prado and Guadalupe Ortiz, "Context-aware services: A survey on current proposals", *Proceedings of International Conferences on Advanced Service Computing*, pp.104-109, 2011. ISBN: 978-1-61208-152-6
- [8] You Ma, Shangguang Wang, Patrick C. K. Hung, Ching-Hsien Hsu, Qibo Sun, and Fangchun Yang, "A Highly Accurate Prediction Algorithm for Unknown Web Service QoS Values", *IEEE Transactions on Service Computing*, Vol. 9, No. 4, pp.511-523, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSC.2015.2407877>
- [9] Wancai Zhang, Hailong Sun, Xudong Liu, and Xiaohui Guo, "Incorporating Invocation Time in Predicting Web Service QoS via Triadic Factorization", *Proceedings of IEEE International Conference on Web Services*, pp.145-152, Jun. 27, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICWS.2014.32>
- [10] Mu Li, JinPeng Huai, and HuiPeng Guo, "An Adaptive Web Services Selection Method Based on the QoS Prediction Mechanism," *Proceedings of International Conference on Web Intelligence*, pp.395-402, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2009.363>
- [11] Mohamed E. Khanouche, Yacine Amirat, Abdelghani Chibani, Moussa Kerkar, and Ali Yachir, "Energy-Centered and QoS Aware Services Selection for Internet of Things," *IEEE Transactions On Automation Science and Engineering*, Vol. 13, Issue 3, pp.1256-1269, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/TASE.2016.2539240>
- [12] Xiongnan Jin, Sejin Chun, Jooik Jung, and Kyong-Ho Lee, "A fast and scalable approach for IoT service selection based on a physical service model," *Information Systems Frontiers*, Vol. 19, No. 6, pp.1357-1372, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10796-016-9650-1>
- [13] Harun Baraki, Diana Comes, and Kurt Geihs, "Context-aware prediction of qos and qoe properties for web services", *Proceedings of International Conference on Networked Systems*, pp.102-109, Mar. 11-15, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1109/NetSys.2013.14>
- [14] Zheng, Z., Zhang, Y., and Lyu, M., "Investigating QoS of realworld web services," *IEEE Transactions on Service Computing*, Vol. 7, No. 1, pp.32-39, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSC.2012.34>
- [15] Leskovec, J. Stanford, "Large Network Dataset Collection", <http://snap.stanford.edu/data/>

저 자 소 개



김유경(Yukyong Kim)

2001.8 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 박사
 2005-2006 UC Davis Post-doc.
 2006-2013 한양대학교 컴퓨터공학과
 연구교수
 2018 - 현재 숙명여자대학교 기초공학부
 교수
 <주관심분야> 웹서비스 QoS평가, SOA 기
 반 IoT 신뢰평가, 소프트웨어 품질평가